

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання самостійної роботи з дисципліни

**«ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ  
ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

*(для студентів 5 курсу всіх форм навчання  
спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – «Електричний транспорт»  
та слухачів другої вищої освіти спеціальності  
7.05070203 – «Електричний транспорт»)*

**Харків  
ХНАМГ  
2012**

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Діагностування рухомого складу електричного транспорту» (для студентів 5 курсу всіх форм навчання спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – «Електричний транспорт» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203 – «Електричний транспорт») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М. Г. Шульженко, В. М. Шавкун. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 32 с.

Укладачі: М. Г. Шульженко,  
В. М. Шавкун

Рецензент: ст. викл. А. Д. Храмцов

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,  
протокол № 5 від 23.11.2010 р.

## ВСТУП

Самостійна робота є одним із видів навчальної діяльності студентів, яка забезпечує досягнення поставленої мети навчання у ВНЗ.

Дисципліна „Діагностування рухомого складу електричного транспорту” розроблена у системі модульно-рейтингового поетапного контролю засвоєння навчального матеріалу. За кожною темою дається перелік запитань для самоконтролю й обговорення в аудиторії або при інших формах дистанційного навчання.

Метою самостійної роботи є постійне вивчення програмного матеріалу, виконання всіх видів домашніх завдань і підготовка за всіма формами звітності з дисципліни „Діагностування рухомого складу електричного транспорту”.

Ефективність самостійної роботи студентів залежить від якості її планування та контролю знань, умінь і навиків студентів.

При плануванні самостійної роботи потрібно ураховувати наступні моменти:

- ретельний попередній аналіз навчальних планів та повного об'єму матеріалу дисципліни;
- знаходження фактичного часу, необхідного студенту для самостійної роботи.

Метою контролю є перевірка якості засвоєння студентами теоретичного матеріалу та ступеня оволодіння практичним умінням і навичками. Результати контролю дозволяють своєчасно приймати рішення із вдосконалення навчального процесу та підвищення ефективності роботи викладачів та студентів.

Поточний контроль дозволяє виконати перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу дисципліни. Він може здійснюватись у вигляді вибіркового або фронтального опитування, індивідуальної бесіди, перевірки конспектів, курсових проектів, завдань до самостійної роботи, тестування і т.п.

Комплексне застосування різних форм дозволяє своєчасно оцінити якість засвоєння матеріалу і підготовку студентів до занять.

Під час поточного контролю викладач може оцінити індивідуальні якості та здібності студентів. Це додає навчальній та виховній роботі цілеспрямованості і конкретності. До цього поточний контроль стимулює навчальну діяльність студентів, виховує відповідальність і ритмічність у роботі.

Підсумковий контроль є необхідним для перевірки якості виконання студентами навчальної програми дисципліни за семестр і проводиться у вигляді екзамену.

З метою розв'язання питань, які з'являються у студентів під час підготовки до екзаменів, розширення і поглиблення знань за окремими питаннями та для надання методичної допомоги при отриманні правильних

навичок самостійної роботи проводяться індивідуальні та групові консультації за розкладом.

Під час індивідуальних консультацій викладач підводить студентів до самостійної відповіді на незрозумілі питання.

При цьому повинно враховуватись, що студент краще запам'ятає і зрозуміє матеріал, якщо сам знайде відповідь на своє питання.

Ефективність процесу навчання студентів у багатoproфільному вищому навчальному закладі, яким є Харківська національна академія міського господарства, ґрунтується на стимулюванні та підвищенні їхньої індивідуальної творчої активності під час самостійної роботи над навчальним матеріалом, особливо зі спеціальних дисциплін, якою є «Діагностування рухомого складу електричного транспорту». Таке твердження пояснюється низкою обставин, зокрема, великим обсягом і складністю матеріалу, що розглядається, особливостями організації навчальної роботи та неоднаковою базовою підготовкою студентів.

Ці обставини обумовлюють актуальність пошуку шляхів вирішення завдання активізації діяльності студентів, яка спрямована на самостійне поповнення та відновлення своїх наукових і спеціальних технічних знань, уміння орієнтуватися в потоці інформації, що надходить. Таким чином, індивідуальний пошук і освоєння знань повинні стати однією з найхарактерніших рис, які визначають стиль роботи кожного студента над навчальним матеріалом, а весь процес навчання необхідно базувати на ефективній організації самостійної роботи, що є основним шляхом одержання знань у вищих навчальних закладах.

Під самостійною роботою розуміють цілеспрямовану активну працю студентів над навчальним матеріалом як над завданням викладача, під його керівництвом на планових аудиторних заняттях, так і самостійно, за власним бажанням, у процесі самопідготовки. Зазначена діяльність спрямована на закріплення, розширення та поглиблення одержуваних знань, умінь, навичок і засвоєння нового матеріалу без сторонньої допомоги.

Інакше кажучи, весь процес навчання у вищому навчальному закладі базується, в основному, на ефективно організованій роботі тих, хто навчається. Вона є основою, яка дозволяє досягти високих результатів навчання загалом. Такий спосіб навчання виховує самостійність мислення й ухвалення рішення дії з урахуванням ситуації не тільки як сукупність окремих умінь і навичок, але і як стиль роботи, спосіб життєвого укладу студентів, спроможність сприймати події, що відбуваються, і формування своєї життєвої позиції.

Актуальною проблемою в теперішній час є контроль успішності самостійної роботи студентів як однієї зі складових навчального процесу. Він сприяє виявленню ефективності навчання студента, розкриттю причин слабого засвоєння ним окремих частин навчального матеріалу, вжиттю дієвих заходів щодо усунення недоліків навчального процесу. Крім того, він передбачає перевірку знань, умінь і навичок, оцінку й облік.

Виділяють такі функції контролю: навчальна, контрольна, виховна і розвиваюча.

У процесі виконання завдань студенти самостійно роблять висновки і узагальнення, застосовують знання з урахуванням ситуації, вчаться відрізняти головне, відтворювати інформацію тощо.

Сучасна система оцінювання знань разом із засобами викладання конкретних дисциплін потребує значних змін. З метою подолання накопичених останнім часом недоліків запропоновано модульну систему організації навчального процесу і модульно-рейтинговий контроль знань студентів.

Ці методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форм навчання у галузі діагностування рухомого складу електричного транспорту та за напрямом підготовки 0922 (6.050702) – «Електромеханіка» і спеціальністю 7.05070203, 8.05070203 – «Електричний транспорт», а також для організації проведення самостійної роботи, що сприяє підвищенню якості вивчення певної навчальної дисципліни.

## **1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

### **1.1 Організація та мета самостійної роботи студентів**

У сучасному суспільстві трудова діяльність людини передбачає постійну самоосвіту й перенавчання, і до цього майбутні фахівці повинні готуватися в процесі підготовки у вищих навчальних закладах, зокрема, шляхом здійснення самостійної роботи навчального й науково-дослідницького характеру. Для підвищення якості цього виду роботи варто сформулювати деякі методологічні принципи її організації, в яких врахувати соціальні умови її виконання, бо це має значення не тільки для професійної підготовки, але й для забезпечення більш гармонійного входження молоді людини до соціуму, який базується на взаємозалежності соціальних об'єктів.

Серед соціальних умов навчальної діяльності, які найбільш позначаються на якості самостійної роботи студентів, слід відзначити такі: соціально-нерівні можливості студентів, які відрізняються матеріальним становищем і умовами проживання; кваліфікаційні характеристики і соціальні якості викладачів; особливості їхніх стосунків зі студентами; характер спілкування і наявність взаємодопомоги всередині студентського колективу.

Все це виявляється не тільки в різниці матеріальних можливостей користування студентами інформаційними джерелами у процесі опрацювання матеріалу, а також їх ставленні до самостійної роботи. Для запобігання зазначеним перешкодам слід ширше застосовувати принципи індивідуальності завдань для цієї форми навчання і комплексності їхньої перевірки (наприклад, у тісній послідовності здійснювати письмові й усні форми контролю).

Якість у сфері вищої освіти охоплює різні її галузі й функції. Вона визначається не тільки рівнем засвоєння навчальних дисциплін і професійної компетенції, але й володінням практичними навичками і вміннями, спроможністю до творчого і критичного мислення, а також нестандартних рішень у професійній діяльності.

Кваліфікація фахівців в умовах ринку стає важливим економічним чинником, який набуває не тільки господарського, але й соціально-політичного значення. З урахуванням сучасного соціального й економічного розвитку України виникла потреба перебудови вищої школи, серед основних напрямків якої треба виділити такі:

- розвиток активності, самостійності та творчих здібностей майбутніх фахівців;
- забезпечення держави кваліфікованими кадрами, які матимуть ґрунтовну теоретичну і практичну підготовку за фахом, зможуть самостійно приймати рішення, пов'язані з майбутньою професією, а отже створювати власними зусиллями нові науково-технічні цінності;
- розвиток вміння швидко адаптуватися до змін і корегувати професійну діяльність.

Виконання визначених завдань вимагає пошуку шляхів удосконалення навчально-виховного процесу, розробки нових методів і форм взаємодії викладача та студента. Стратегію навчання необхідно будувати на загальних демократичних принципах, які лежать в основі діяльності вищої школи всіх цивілізованих країн. У цьому напрямку треба відзначити теорії програмованого та проблемного навчання.

Програмоване навчання передбачає роботу з навчальним матеріалом, який подається частками в певній логічній послідовності. Темп засвоєння студентом поданої інформації залежить від його індивідуальної здатності сприймати й обробляти цей матеріал. Інший вид навчання розглядає проблемні ситуації, їхнього подолання і розв'язання, допомагає оволодіти досвідом пізнання в процесі їхнього вирішення. Воно чинить вплив на активізацію творчого мислення, формування нестандартних підходів до розв'язуваних проблем.

Як удосконалену форму програмованого навчання можна розглядати модульне, яке побудовано на логічно завершених частинах навчального матеріалу з урахуванням індивідуальних особливостей студентів. Воно дає змогу організувати процес на дискретному рівні, тобто за умов доцільного дозування змісту навчального матеріалу і методичного забезпечення його засвоєння.

Модульному навчанню притаманні такі особливості:

- відкидання матеріалу, що є "зайвим" для конкретного виду робіт;
- максимальна індивідуалізація навчання;
- дроблення фаху на певні частини (модулі та їх елементи, які мають самостійне значення).

Використання принципу модульності у процесі навчання сприяє формуванню у студентів мобільності та гнучкості знань, що є необхідною складовою компетентності. За модульним навчанням на першому місці знаходяться проблемність, проблемні ситуації, а також вирішується будь-яка проблема. Крім того, весь курс, що вивчається, поділяється на частини, які є самостійними одиницями, що містять логічно пов'язаний навчальний матеріал.

Самостійна робота студентів є одним з основних видів навчальної діяльності, що забезпечує досягнення визначеної мети під час підготовки у вищому навчальному закладі. Вона планується і виконується під методичним керівництвом викладача, але без його безпосереднього втручання.

Зазначена форма навчання повинна бути спрямована не тільки на оволодіння конкретною дисципліною, а й на формування навичок самостійної роботи взагалі, у навчально-науковій і професійній діяльності, здатності приймати на себе відповідальність, самостійно розв'язувати проблеми, знаходити конструктивні вирішення тощо.

Ефективність самостійної роботи істотно залежить від її планування та застосування прогресивної системи контролю знань, умінь і навичок студентів. При плануванні повинні враховуватися результати попереднього аналізу навчальних програм, обсяг матеріалу, види знань, трудомісткість їхнього виконання та засвоєння; фактичний час, потрібний студенту для виконання самостійної роботи, а також ступінь відповідності цього часу плановому.

Мета контролю полягає в перевірці якості засвоєння студентами теоретичного матеріалу та ступені володіння практичними вміннями й навичками. Результати його дозволяють своєчасно вживати заходи з удосконалення навчального процесу загалом, поліпшення роботи викладачів і студентів.

Ця робота призначена для подальшого розвитку таких напрямків у процесі підготовки студентів, пов'язаних з формуванням узагальненої системи знань про методи, засоби й алгоритми визначення технічного стану рухомого складу міського електричного транспорту:

- вивчення основних положень діагностування технічного стану машин й механізмів;
- оволодіння основоположними принципами формування діагностичної інформації про стан системи;
- оволодіння основними характеристиками процесів, що використовуються при діагностуванні технічних об'єктів;
- освоєння методів діагностування енергетичних агрегатів і транспортних машин;
- вивчення алгоритмів визначення технічного стану та дефектів підшипників та зубчатих передач машин і механізмів;
- набуття навиків використання основних положень технічної діагностики при визначенні технічного стану вузлів і механізмів рухомого складу міського електротранспорту.

- отримання навичок роботи з технічною літературою та лекційним матеріалом, а також здатності приймати відповідальність при самостійному вирішенні питань;
- отримання вмінь планувати ефективну організацію самостійної роботи.

## **2. ПЕРЕЛІК ТЕМ І ЗАПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ**

Згідно з навчальною програмою дисципліни „Діагностування рухомого складу електричного транспорту” передбачено розгляд тем, стислий зміст яких наведено нижче.

### **Модуль 1**

#### **Діагностування рухомого складу електричного транспорту**

##### **ЗМ 1. Загальні принципи діагностування механічних систем**

- 1.1 Основні напрямки технічної діагностики. Мета й основні завдання.
- 1.2 Постановка завдань діагностування. Основні положення й організація діагностування на підприємствах електричного транспорту.
- 1.3 Використання діагностичних моделей при вирішенні завдань діагностики.
- 1.4 Теорія імовірності при вирішенні практичних завдань діагностики.

##### **ЗМ 2. Організація діагностування основних систем, вузлів та агрегатів рухомого складу електричного транспорту**

- 2.1 Засоби технічного діагностування. Загальна характеристика технічних засобів діагностування.
- 2.2 Класифікація параметрів технічного стану вузлів і агрегатів. Алгоритми діагностування.
- 2.3 Пристрої визначення працездатності. Засоби виявлення наявних несправностей. Пристрої прогнозування.
- 2.4 Автоматизовані діагностичні системи.
- 2.5 Діагностування систем, що впливають на безпеку руху (рульове управління, гальмівна система).
- 2.6 Діагностування електричних машин рухомого складу електричного транспорту.

##### **ЗМ 3. Методи та ефективність діагностування рухомого складу електричного транспорту**

- 3.1 Особливості формування діагностичного сигналу в лінійних, параметричних та нелінійних системах.



- 3.2 Виділення та подання діагностичної інформації. Процедура обробки сигналу.
- 3.3 Використання комп'ютерної техніки при вирішенні завдань діагностики агрегатів та машин рухомого складу електричного транспорту.
- 3.4 Ефективність технічного діагностування. Вплив технічних засобів на ефективність діагностування.

## **2.1 ЗМ 1. Загальні принципи діагностування механічних систем**

Тема 1.1 Основні напрямки технічної діагностики. Мета й основні завдання

Діагностика - (грець. діагноз) - визначення або розпізнавання.

У процесі діагностики встановлюється діагноз - визначається стан системи або об'єкта. Технічна діагностика охоплює всі технічні об'єкти та машини, тому фундаментальна її частина буде загальною (підходить майже для всіх систем). Технічна діагностика вивчає методи отримання й оцінки діагностичної інформації, а також вивчає діагностичні моделі й алгоритми прийняття рішення.

Основна мета технічної діагностики - підвищити надійність системи та її ресурсу.

Основні завдання технічної діагностики:

1. Розпізнавання стану системи в умовах скороченої інформації. Технічна діагностика - без розбірна діагностика (конструкцію не розбираємо).

2. Використання теорії контролеспроможності для розробки методів та засобів отримання діагностичної інформації, розробки алгоритмів, визначення несправностей, розробка діагностичних тестів.

Звернути увагу, що теоритичною основою технічної діагностики є теорія розпізнавання образів та на чому базуються алгоритми розпізнавання (на діагностичних моделях), що таке контролеспроможність системи (це здатність до забезпечення достовірної оцінки технічного стану та до раннього визначення несправностей та відмов).

Звернути увагу на структуру технічної діагностики. Що є предметом технічної діагностики. На яких етапах життєвого циклу вона приміняється. Вказати, які питання вирішуються на етапах розробки та доведення конструкції, на етапі виготовлення, при експлуатації та ремонті. Вказати на ефекти, що досягаються на вказаних вище етапах діагностування, як це впливає на якість машин при доопрацюванні, при їх виготовленні. Навести графіки імовірності відмови машини з часом напрацювання та поведінку представницького параметра технічного стану об'єкта з часом напрацювання. У чому полягає діагностування при експлуатації машин, яка відмінність в постійному контролі та діагностуванні технічного стану й епізодичному (періодичному). Вказати на особливості діагностування машин методами вібродіагностики, теплової діагностики, діагностики електромеханічних систем,

радіовипромінювання, ультразвукової та інших. Як вирішуються завдання продовження ресурсу машин при діагностування їх технічного стану.

В чому полягає принцип обслуговування машин за регламентом і фактичним технічним станом, як на це впливає діагностика технічного стану, у чому полягає позитивний ефект?

Звернути увагу, що теоретичною основою технічної діагностики є теорія розпізнавання образів, та на чому базується алгоритми розпізнавання (на діагностичних моделях). Що таке контролеспроможність системи - оцінка технічного стану на ранній стадії визначення несправностей та відмов. Звернути увагу на структуру технічної діагностики.

### Запитання для самоконтролю за п. 1.1

1. Обґрунтувати роль і місце технічної діагностики у планово-попереджувальній системі ТО і Р підприємств міського електричного транспорту.
2. Охарактеризувати методи отримання й оцінки інформації під час діагностування.
3. Як впливають організація та умови експлуатації рухомого складу на його технічний стан?
4. Обґрунтувати вимоги до міського електричного транспорту з позиції споживчої привабливості.

### Рекомендовані джерела

1. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. - Харків, ХНАМГ, 2007.- 286 с.;
2. ГОСТ 20911 - 89. Техническая диагностика. Термины и определения;
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. - М.: Машиностроение, 1978. - 240с.
4. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Затв. Держжитлокомунгоспом України 10.12.96 (Наказ №103), введ. в дію з 16.03.97. Доп. 2004.- К.: Держжитлокомунгосп , 2004.- 108с.

### Тема 1.2 Постановка задач діагностування. Основні положення та організація діагностування на підприємствах електричного транспорту

В основу організації діагностики покладена планово - попереджувальна система ТО і Р, а також діюче «Положення про ТО і Р рухомого складу». В системі управління технічної служби підприємства діагностика є контролюючим блоком.

Об'єктом технічного діагностування може бути як трамвай або тролейбус у цілому, так і їхня складова частина, технічний стан якої потребує визначення.

Основні завдання технічної діагностики можна сформулювати в такий спосіб:

- побудова математичних моделей об'єктів діагностики;
- розробка програм перевірки об'єктів;
- вибір чи створення технічних засобів перевірки стану об'єктів.

Таким чином, вирішення діагностичного завдання передбачає необхідність наявності характеристик трьох видів:

- об'єктів і явищ, що виступають у ролі причин відхилень;
- об'єктів і явищ, що виконують роль наслідків цих причин (тобто самих відхилень);
- процесу виявлення їхніх зв'язків.

Діагностування є на сьогодні одним з основних напрямків удосконалення системи ремонту техніки, підвищення її надійності в експлуатації, тому що воно сприяє виявленню відмов випадкового характеру в міжремонтні періоди.

Застосування засобів й методів технічного діагностування дозволяє безперервно чи в дискретні моменти часу перевірити стан вхідних і вихідних параметрів РС, дає змогу ставити РС в ремонт відповідно до його технічного стану. Це сприяє різкому зменшенню кількості відмов між плановими видами ремонтів, підвищенню ступеня використання ресурсу складових частин і деталей РС та зниженню витрат на запчастини й матеріали під час ремонту, підвищенню економічності роботи рухомого складу і його безпеки.

Розглянути визначення завдань на прикладі шліцьового з'єднання валів редуктора. Звернути увагу - діагностування провести в умовах скороченої інформації. Як описується стан системи? Що таке розпізнавання стану системи - віднесення стану до одного із можливих класів (діагнозів)? Діагнози визначаються до діагностування. Сукупність послідовних дій у процесі діагностування називають алгоритмами розпізнавання. Завдання діагностування може бути вирішене, якщо відомі наперед класи, стани, діагнози, а також обов'язково - ознаки цих класів, станів, діагнозів. Ознаки - це найбільш чутливі представницькі параметри системи до зміни їх технічного стану, а значить і до порушення нормальної роботи машини. При створенні системи діагностування мають місце два етапи: навчання системи діагностування (створення алгоритмів пошуку) - це пряма задача; розпізнавання стану та встановлення діагнозу - вирішення зворотного завдання - за ознаками технічного стану встановити діагноз (несправність). Звернути увагу на математичну постановку задачі діагностування з використанням комплексу ознак  $K = K(K_1, K_2, K_3, \dots, K_i)$ . Постановки задачі діагностування можуть бути: імовірнісні та детерміновані. Викласти особливості цих постановок.

## Запитання для самоконтролю за п. 1.2

1. Охарактеризувати основні завдання технічної діагностики.
2. Подати свої міркування щодо доцільності застосування засобів і методів технічного діагностування між плановими видами ремонтів.
3. Як описується стан системи? Що таке розпізнавання стану системи - віднесення стану до одного із можливих класів (діагнозів).

## Рекомендовані джерела

1. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. - Харків, ХНАМГ, 2007.- 286 с.;
2. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990.- 295с.
3. Хазаров А.М. Диагностическое обеспечения технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высш. Школа, 1990. – 208с.

### Тема 1.3 Використання діагностичних моделей при вирішенні завдань діагностики

Технічний стан машини визначається з використанням комплексу ознак (сукупності представницьких параметрів). Їх показники визначаються за допомогою вимірної апаратури і первинного елемента - датчика. Машина неначе перетворює параметри технічного стану (дефекти) в систему ознак технічного стану - це є пряма задача. Зворотна задача - це задача діагностування - визначення дефектів (зарахування технічного стану до одного із класів, діагнозів) за ознаками, які отримуються за допомогою вимірної апаратури. Зворотне завдання, як правило, має неоднозначні рішення, чим ускладнюється завдання діагностування. Для її вирішення використовуються різні діагностичні моделі: динамічні (це диференційні, або алгебраїчні рівняння); логічні співвідношення; функціональні моделі; структурні моделі; регресійні моделі; статистичні моделі; матричні моделі й інші. Під час засвоєння матеріалу звернути увагу на особливості регресійних моделей та матричних моделей, які найчастіше використовуються при діагностуванні машин. Регресійні використовуються при діагностуванні машин, для яких має місце значна сукупність експериментального матеріалу для встановлення регресійних залежностей між параметрами технічного стану (дефектами) та їх ознаками, наприклад, електродвигуни. Матричні моделі використовуються для діагностування унікальних об'єктів, коли відсутня значна сукупність експериментального матеріалу (наприклад, для турбоагрегатів великої потужності). Матричні моделі можуть використовуватися також і на транспорті для загальної діагностики. Тут можуть бути використані також статистичні методи (наприклад, Байеса).

Структурні моделі, які найчастіше використовуються в електроніці, можуть бути одномірні, багатомірні з корельованими і некорельованими входами та виходами. Звернути увагу на їх особливості, бо вони використовуються для «самодіагностування» систем діагностики, що включають датчики, перетворювачі, фільтри і т.п. елементи.

### Запитання для самоконтролю за п. 1.3

1. Як використовуються діагностичні моделі у процесі визначення технічного стану рухомого складу?
2. Які діагностичні моделі використовуються при вирішенні завдань діагностування?
3. Дайте визначення і наведіть приклади прямого та зворотного завдання діагностування.

### Рекомендовані джерела

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средства диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.

### Тема 1.4 Теорія імовірності при розв'язуванні практичних задач діагностики

Теорія ймовірностей вивчає закономірності випадкових явищ, що часто повторюються.

Подія - явище, котре можливо визначити як таке, що відбулося або не відбулося. Події можуть бути вірогідні або неможливі.

Ймовірністю якоїсь події  $A$  називають таке число  $P(A)$ , котре характеризує можливість виникнення події. Ймовірність вірогідної події вважається такою, що дорівнює 1, тобто  $P(A) = 1$ , а неможливої - такою, що дорівнює 0, тобто  $P(\bar{A}) = 0$ .

Ймовірність випадкової події знаходиться у межах  $0 \leq P(A) \leq 1$ .

В інженерній практиці

$$P(A) = \frac{m}{n},$$

де  $m$  - число спроб, при яких подія  $A$  відбулася;  $n$  - загальна кількість виконаних спроб.

За великої кількості спроб статистична ймовірність події наближається до істинної ймовірності події.

Розглянути, що називається подією, що таке ймовірність події, як характеризуються неможливі події та вірогідні. Вказати діагноз значень ймовірності випадкової події (0-1). Як визначається ймовірність події в інженерній практиці?

Що таке логічна сума (диз'юнкція) та логічний добуток (кон'юнкція) двох подій? Показати це на прикладі послідовного і паралельного сполучення вимикачів в електричному ланцюгу. Визначити формулу логічної суми двох подій на прикладі попадання в мішень, що складається із двох ексцентричних кіл, які мають частину загальної площини. На цьому прикладі визначити, що таке логічний добуток подій та умовна ймовірність цих подій. Вказати умовну незалежність двох подій. Для закріплення матеріалу розглянути приклади: визначення ймовірності попадання в мішень, що складається із двох

концентричних кіл, діаметри яких відрізняються в два рази; визначення безвідмовної роботи блоку з трьох батарей, які сполучені послідовно та паралельно.

#### Формула Байєса

Розглянути декілька несумісних (дві разом не відбуваються) подій  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , що характеризують несправність відповідних вузлів і які створюють повну групу (для неї хоча б одна подія відбулася). Нехай з'являється подія  $A$ , що характеризує несправність вузлів  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . Із попереднього досвіду експлуатації відома імовірність відмови вузлів  $P(B_1), P(B_2), \dots, P(B_n)$ , а також імовірність появи ознаки  $A$  при несправності окремих вузлів  $P(A/B_i)$ . Треба визначити, яка імовірність несправного вузла  $B_i$  відносно інших, якщо під час експлуатації з'являється подія  $A$ , т.ч.  $P(B_i/A)=?$  Для розв'язання задачі розглянути імовірність одночасної появи ознаки  $A$  і несправності (стану)  $B_i$ .

#### Розв'язання

Імовірність одночасної появи ознаки  $A$  та події  $B_i$  знаходимо за формулою:

$$P(A \wedge B) = P(A) P(B/A) = P(B) P(A/B),$$

$$P(A \wedge B_i) = P(A) P(B_i/A) = P(B_i) P(A/B_i). \quad (1)$$

З (1) знаходимо:

$$P(B_i/A) = \frac{P(B_i)P(A/B_i)}{P(A)}. \quad (2)$$

Встановимо, що таке ймовірність події  $A$  -  $P(A)$ . Оскільки ознака  $A$  з'являється тільки якщо є несправність якогось вузла, то ця подія складається з логічної суми окремих подій:

$$A = (A \wedge B_1) \vee (A \wedge B_2) \vee (A \wedge B_3) \vee \dots \vee (A \wedge B_n). \quad (3)$$

У зв'язку з припущенням, що може з'явитися тільки одна з можливих подій, отримаємо:

$$P(A) = P(A \wedge B_1) + P(A \wedge B_2) + P(A \wedge B_3) + \dots + P(A \wedge B_n). \quad (4)$$

Враховуючи із (1), що

$$P(A \wedge B_i) = P(B_i) P(A/B_i), \text{ маємо}$$

$$P(A) = \sum_{j=1}^n P(B_j) P(A/B_j) - \text{формула повної ймовірності події } A. \quad (5)$$

Ця формула виражає такий принцип: якщо система має декілька можливих несумісних шляхів переходу до іншого стану, то ймовірність переходу дорівнює сумі ймовірностей реалізації кожного з них (несумісні шляхи - такі, що не можуть реалізуватись одночасно).

Із (2) та (5) отримаємо формулу Байєса.

$$P(B_i/A) = \frac{P(B_i)P(A/B_i)}{\sum_{j=1}^n P(B_j)P(A/B_j)} - \text{формула Байєса} \quad (6)$$

Вона дозволяє визначити імовірність поломки вузла  $B_i$  при появі ознаки  $A$  через відому імовірність поломки вузла  $B_i$  із попередніх досліджень  $P(B_i)$  та через імовірність появи ознаки  $A$  при поломці вузла  $B_i$  теж із попередніх

досліджень. У знаменнику (3) маємо суму добутку тих же величин, але для всіх вузлів. Звернути увагу, що  $\sum_{i=1}^n P(B_i / A) = 1$ .

Рекомендується розглянути приклад на визначення імовірності справності підшипника.

### *Статистичний метод Байєса розпізнавання образів*

Статистичний метод визначення несправностей чи дефектів у роботі машини при появі декількох їх ознак заснований на використанні значної статистичної сукупності результатів попереднього діагностування цього класу машин. Цей метод, на відміну від формули Байєса, дозволяє прогнозувати імовірність дефектів при наявності багатьох ознак прояви цих дефектів. Він заснований на використанні формули Байєса, але з розширенням її на комплекс ознак. Основна перевага статистичних або ймовірносних методів розпізнавання це одночасне використання або врахування ознак різної природи, тому що використовуються безрозмірні характеристики або величини, які по суті означають імовірнісні показники різних станів системи. Серед цих методів завдяки простоті й ефективності займає головне місце метод Байєса. Він має також хибі, які полягають в тому, що треба виконувати великий обсяг підготовчої інформації, а також в тому, що величини, які рідко спостерігаються (зустрічаються) пригнічуються. Разом з тим, на практиці його доцільно використовувати, якщо є достатнім обсяг статистичних даних.

Метод заснований на використанні формули Байєса. Якщо мається діагноз  $D_i$  та проста ознака  $K_j$ , що зустрічається при цьому діагнозі, то ймовірність сумісної появи цих подій:  $P(D_i K_j) = P(D_i)P(K_j / D_i) = P(K_j)P(D_i / K_j)$

Звідси маємо наступне співвідношення:

$$P(D_i / K_j) = \frac{P(D_i)P(K_j / D_i)}{P(K_j)}. \quad (7)$$

Це формула Байєса для встановлення ймовірності появи діагнозу  $D_i$  після того, як спостерігається наявність ознаки  $K_j$  в об'єкта, що досліджується (апостеріорна ймовірність діагнозу  $D_i$ ).

$P(D_i)$  - ймовірність діагнозу  $D_i$ , яка визначається за статистичними даними (апріорна), якщо попередньо досліджено  $N$  об'єктів  $i$  в  $N_i$  кількості об'єктів спостерігався діагноз  $D_i$  або стан  $D_i$ .

Узагальнена формула Байєса використовується, якщо дослідження проводиться за комплексом ознак  $K$ , що мають складові  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_v$ .

Рекомендується розглянути приклади застосування узагальненої формули Байєса для діагностування двигуна. Звернути увагу на формування і використання діагностичної матриці в методі Байєса.

## Запитання для самоконтролю за п. 1.4

1. Дайте визначення імовірності події. Що називається подією? Як характеризуються події?
2. У чому полягає статистичний метод Байєса розпізнавання образів?
3. Дайте визначення та наведіть приклади логічної суми та логічного добутку.

## Рекомендовані джерела

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.

## **2.2 ЗМ 2. Організація діагностування основних систем, вузлів та агрегатів рухомого складу електричного транспорту**

### Тема 2.1 Засоби технічного діагностування. Загальна характеристика технічних засобів діагностування

Засобами технічної діагностики є контрольні та вимірювальні прилади, інструменти, стенди та їхнє поєднання, що забезпечують збір достатнього обсягу інформації про технічний стан контролюваного вузла або агрегату.

Засоби технічної діагностики, які відповідають вимогам, що висуваються до них експлуатаційними підприємствами, повинні дозволяти контролювати всі основні параметри, що характеризують працездатність вузла або агрегату. Програма діагностування обмежується межами експлуатаційної необхідності та складається так, щоб можна було уникнути значного числа підключень апаратів, приладів і механізмів. Проте, при цьому бажано здійснювати велику кількість перемикачів, які можливо не тільки механізувати й автоматизувати, але і запрограмувати, що знижує трудомісткість діагностичного обстеження. Результати (інформація) технічного діагнозу повинні видаватися в зафіксованому вигляді (картограми, перфокарти, таблограми і т. д.).

Діагностування рухомого складу може бути загальним або поелементним, тобто може проводитися для досягнення локальної мети (обстеженню піддаються тільки вузли і деталі, що забезпечують безпеку руху) або для оцінки працездатності тролейбуса або трамвая за всіма основними параметрами. Залежно від визначеної мети застосовується та або інша форма діагностичного обслуговування - спеціалізовані пости по об'єктах або комплексні станції для загального обстеження. Спеціалізовані пости можуть бути розташовані окремо або вбудовані в потокову лінію.

Перспективними є бортові системи технічної діагностики (розташовані в кабіні тролейбуса або трамвая). При цьому водій може одержувати



інформацію про ресурс працездатності вузлів і агрегатів керованої ним одиниці рухомого складу.

Впровадження засобів технічної діагностики у практику експлуатаційних депо забезпечує підвищення ефективності виробництва.

### Запитання для самоконтролю за п. 2.1

1. Схарактеризуйте сучасні засоби діагностування.
2. Які бувають види і форми діагностування? Наведіть приклади їх застосування.
3. Дайте оцінку бортовим системам діагностування у порівнянні з іншими.

### Рекомендовані джерела

1. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. - Харків, ХНАМГ, 2007.- 286 с.;
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. - 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.
4. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990.- 295с.

### Тема 2.2 Класифікація параметрів технічного стану вузлів і агрегатів.

#### Алгоритми діагностування

Як правило, технічний стан складного агрегату або рухомого складу в цілому визначається сукупністю параметрів (фізичних величин), значущість кожного з яких різна. Тому виділяється один або декілька основних параметрів із загальної сукупності, що визначають технічний стан агрегату, і встановлюються їх граничні значення, вихід за які може призвести до відмови. Діагностичними вважають основні параметри функціонування або технічного стану об'єкта. Ці параметри повинні містити необхідну для діагностики інформацію або, як то кажуть, діагностичні ознаки, які можна оцінити кількісно, тобто виміряти. У міру зміни технічного стану діагностичні параметри можуть або збільшуватися (електричний опір, рівень шуму, вібрація, температура), або зменшуватися (тиск повітря, прискорення).

Можливість безпосереднього вимірювання основних параметрів вельми обмежена, тому практично завжди користуються непрямими методами вимірювання основних і супутніх параметрів, супроводжуючих процесів функціонування.

При організації технологічного процесу діагностування визначається завдання раціональної мінімізації числа контрольно - вимірювальних операцій, підвищення чіткості вимірювання діагностичних параметрів і, відповідно, достовірності постановки діагнозу. При цьому повинна дотримуватися загальна умова мінімізації витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт об'єкта, що

діагностується, зі зберіганням на належному рівні коефіцієнта технічної готовності парка рухомого складу.

Технічне діагностування спрямоване на вирішення трьох основних завдань: визначення роботоспроможності об'єкта, виявлення і локалізація відмови і несправності та визначення остаточного ресурсу. Кожному з трьох випадків відповідає певний методичний підхід, який забезпечує побудову свого оптимального алгоритму діагностування. Побудові алгоритму діагностування повинен передувати аналіз статистичних даних на найбільшу кількість відмов і несправностей, що повторюються. На основі даних аналізу розробляють блок - схему структурно - слідчих зв'язків за ланцюгом: об'єкт, що діагностується - агрегат - система - механізм - вузол - елемент - структурний параметр - несправність – зовнішня ознака (симптом) - діагностичний параметр. Число ланок ланцюга для кожного конкретного випадку (стосовно до різних систем і агрегатів) може змінюватися. Кожна ланка визначає рівень пошуку, що задається, або технологічного кроку, що спрямований на встановлення несправності.

### Запитання для самоконтролю за п. 2.2

1. У чому полягає організація технологічного процесу діагностування?
2. Як класифікуються параметри технічного стану рухомого складу? Назвіть вимоги до них.
3. Що таке алгоритм діагностування? Для чого він складається? Складіть алгоритм діагностування електричних машин рухомого складу.

### Рекомендовані джерела

1. Далека В.Х., Будниченко В.Б., Карпушин Е.І., Коваленко В.І. Технічна експлуатація міського електричного транспорту. - Харків, ХНАМГ, 2007.- 286 с.;
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.
4. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990.- 295с.

### Тема 2.3 Пристрої для визначення працездатності. Засоби виявлення наявних несправностей. Пристрої прогнозування

Пристрої для визначення працездатності можуть використовуватися автономно (для перевірки технічних об'єктів одноразового використання) або в комплексі діагностичних засобів, що здійснюють діагностування об'єкта багатократного використання. При цьому пристрої для визначення працездатності є, по суті, технічною реалізацією всіх можливих методів контролю працездатності технічних об'єктів, що визначають працездатність, можуть призначатися для контролю функціонування об'єкта, параметрів або різних характеристик (динамічних або статичних). Це дозволяє

класифікувати всі пристрої за методами, які вони реалізують (наприклад, пристрій для визначення працездатності за тимчасовими характеристиками, пристрій для визначення працездатності за частотними характеристиками і тому подібне). Крім того, пристрої для визначення працездатності можуть бути класифіковані за формою подання інформації при її обробці на аналогових і дискретних. У першому випадку контрольовані величини, записані в аналоговій формі, нормалізуються і потім безпосередньо надходять на обробку. У другому випадку контрольовані величини, записані в аналоговій формі, після нормалізації кодуються, а потім вже надходять в обробку для оцінки працездатності об'єкта.

Процес виявлення несправності, як правило, починається після встановлення факту її виникнення. Якщо відомі ознаки наявності несправності, то її можна знайти за допомогою засобів виявлення. Ознаки несправностей можуть бути надзвичайно різноманітними, тому і засоби для їх виявлення будуються за різними принципами. Проте серед різноманіття різних засобів можна виділити групи *універсальних і спеціалізованих засобів*. Перша група призначається для виявлення різних несправностей у цілому класі технічних об'єктів і виконує функції фіксації відхилень яких-небудь однорідних фізичних величин. Друга група включає пристрої, які здійснюють зіставлення різних комбінацій сигналів із заданими комбінаціями.

Автоматизація процесу прогнозування може здійснюватися двома шляхами: створенням програм для ЕОМ, що працюють в системі контролю; розробкою спеціалізованих пристроїв автоматичного прогнозу - прогнозаторів. Необхідність розробки останніх пов'язана з вирішенням завдання прогнозування зміни стану таких об'єктів, специфіка експлуатації яких не дозволяє принципово використовувати ЕОМ.

Оскільки завдання прогнозування може бути вирішене різними методами (аналітичного, імовірнісного прогнозування і теорії статистичної класифікації), то і структура прогнозатора залежить, в першу чергу, від обраного методу прогнозування, а також від тих конкретних вимог, які висуваються до нього щодо точності, швидкодії, надійності й тому подібне.

### Запитання для самоконтролю за п. 2.3

1. Охарактеризуйте сучасні пристрої для визначення працездатності.
2. У чому полягає процес виявлення несправності?
3. Дайте оцінку автоматизації процесу прогнозування. Яким чином вона здійснюється?

### Рекомендовані джерела

1. Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1975.- 207 с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. - 672с.

## Тема 2.4 Автоматизовані діагностичні системи

Системи, в яких більшість операцій за оцінкою стану об'єкта здійснюються без участі оператора, називають автоматизованими діагностичними системами.

Розглянути принципи побудови і технічні рішення для автоматизованих засобів, досліджуваних в діагностичних системах при вирішенні цілого комплексу завдань за оцінкою стану об'єкта й ухваленню рішень з його використання.

Сучасний рівень розвитку техніки дозволяє виконувати операції за оцінкою стану технічних об'єктів з використанням електричних величин.

Звернути увагу і проаналізувати узагальнену структурну схему для процесу діагностування технічних об'єктів (рис. 1). Слід зазначити, що на схемі не вказується, які з операцій виконуються автоматично, а які - уручну оператором. При технічній реалізації системи вирішується завдання про ступінь автоматизації процесу діагностування. Ця узагальнена схема може зазнавати істотних змін за рахунок виділення певних операцій у групи.

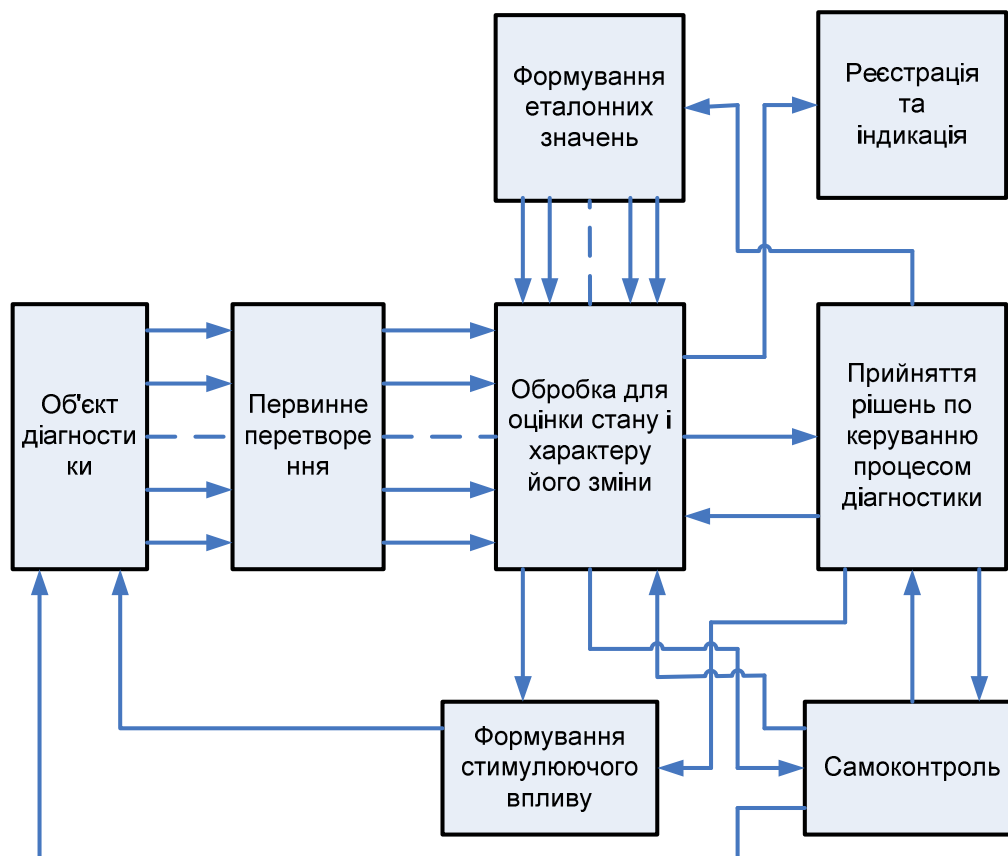


Рис. 1 – Узагальнена структурна схема діагностики технічних об'єктів

Природно, що умови експлуатації та специфіка конструктивного виконання технічних об'єктів позначатимуться при побудові системи діагностики і технічної реалізації комплексу автоматизованих засобів. Так, наприклад, можна говорити про систему діагностики рухомих і нерухомих об'єктів.

#### Запитання для самоконтролю за п. 2.4

1. Дайте визначення автоматизованої системи діагностування. Наведіть приклади.
2. Охарактеризуйте принципи побудови і технічні рішення для автоматизованих засобів діагностики.
3. Проаналізуйте узагальнену схему діагностики (рис. 1).

#### Рекомендовані джерела

1. Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. Учеб. пособие для вузов. М., «Высш. школа», 1975.- 207 с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справ очник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.

#### Тема 2.5 Діагностування систем, що впливають на безпеку руху (кермове управління, гальмівна система)

Кермове управління зараховується до вузлів (систем), що забезпечують безпеку руху, тому діагностування його необхідно проводити під час ТО-1.

Відмова елементів кермового управління може призвести до непередбачених наслідків, які загрожуватимуть життю як пасажирів, так і оточуючих.

Загальна оцінка технічного стану кермового управління без розборки зняття його з місця виконується за величиною сумарного люфта і за зусиллям яке необхідне для повороту кермового колеса. Сумарний люфт кермового колеса складається із люфтів у підшипниках маточин передніх коліс, у шкворневих з'єднаннях, в елементах кермового привода і в кермовому механізмі. Найбільший вплив на сумарний люфт виявляє стан підшипників передніх коліс і кермового механізму. Люфт кермового колеса з'являється у результаті зносу або послаблення кріплення елементів переднього мосту і кермового привода. Втрати на тертя складаються із сил тертя в елементах передніх коліс, шкворневих з'єднаннях і кермового управління, що проявляються головним чином у результаті неправильної зборки і регулювання вузлів, при порушенні геометричних співвідношень деталей привода і відсутності змазки.

Відмова гальмівних механізмів під час руху тролейбуса призводить, як правило, до аварійних ситуацій. Зміна технічного стану гальмівних механізмів відбувається повільно. Результатом цього є раптова відмова у тому випадку, якщо у процесі технічних обслуговувань, зокрема під час ТО-1, не діагностуються основні елементи гальмівних механізмів, що зношуються, і приводів до них.

Інструментальна оцінка загального стану гальмівних систем проводиться за параметрами уповільнення зусилля і шляху гальмування. Ефективність дії робочої гальмівної системи перевіряють на ділянці з рівним удосконаленим покриттям з коефіцієнтом зчеплення не менше 0,6.

Звернути увагу на технічні засоби діагностування (стаціонарні, мобільні, бортові) для кермового управління та гальмівної системи (будова, принцип дії, вимоги, охорона праці під час проведення діагностичних робіт на рухомому складі).

### Запитання для самоконтролю за п. 2.5

1. Які фактори впливають на безпеку руху та появу відмов рульового управління та гальмівної системи тролейбуса?
2. За якими основними параметрами необхідно діагностувати рульове управління і гальмівну систему?
3. Назвіть основні методи і технічні засоби діагностування систем, що впливають на безпеку руху.
4. Охарактеризуйте сучасний стан організації діагностування рухомого складу в умовах депо

### Рекомендовані джерела

1. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Затв. Держжитлокомунгоспом України 10.12.96 (Наказ №103), введ. в дію з 16.03.97. Доп. 2004.- К.: Держжитлокомунгосп, 2004.- 108 с.
2. Форнальчук Є.Ю., Олісевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред., Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
3. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
4. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990.- 295 с.
5. Хазаров А.М. Диагностическое обеспечения технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высш. Школа, 1990. – 208 с.

### Тема 2.6 Діагностування електричних машин рухомого складу електричного транспорту

У процесі роботи тягового електричного двигуна (ТЕД) відбувається деградація параметрів низки його елементів, що в кінцевому підсумку призводить до наступних найбільш значущих негативних наслідків:

- втрати працездатності ТЕД;

- наявності на корпусу двигуна небезпечної для пасажирів і персоналу напруги;
- збільшеного проти природного темпу зношування окремих елементів ТЕД;
- підвищених вібрацій з негативним впливом на комфортабельність поїздки і безвідмовність роботи інших елементів тролейбуса, що ушкоджуються вібрацією двигуна.

У тролейбусах, де застосовані ТЕД зі змішаним збудженням, внаслідок часткового міжвиткового замикання паралельних обмоток знижується ефективність електродинамічного гальма. Це змушує водія застосовувати механічне гальмо при догальмовуванні з більш високих швидкостей, інтенсифікуючи тим самим зношення деталей гальмівних механізмів. Таким чином, технічний стан ТЕД впливає на рівень обслуговування пасажирів, а саме на безвідмовність машин, комфортабельність, електробезпечність, економічні показники.

Звернути увагу на технічні засоби діагностування (стаціонарні, мобільні, бортові) для тягових електричних двигунів рухомого складу електричного транспорту (будова, принцип дії, вимоги, охорона праці під час проведення діагностичних робіт на рухомому складі).

#### Запитання для самоконтролю за п. 2.6

1. Які фактори впливають на ресурс електричних машин рухомого складу?
2. Проаналізуйте параметри, за якими необхідно діагностувати електричні машини.
3. Схарактеризуйте сучасні засоби діагностування електричних машин. Наведіть приклади.

#### Рекомендовані джерела

1. Яцун М.А, Яцун А.М. Експлуатація та діагностування електричних машин і апаратів: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. – 228 с.
2. Ермолкин Н.П. и Жерихин И.П. Надежность электрических машин. Л., «Энергия», 1976.
3. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
4. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. М.: Транспорт, 1990.- 295с.

## 2.3 ЗМ 3. Методи й ефективність діагностування рухомого складу електричного транспорту

### Тема 3.1 Особливості формування діагностичного сигналу в лінійних, параметричних та нелінійних системах

Звернути увагу при освоєнні матеріалу, чим відрізняється поміж собою системи лінійна, параметрична та нелінійна. Навести приклади таких систем з використанням характеристик жорсткості (піддатливості) підвіски транспортного засобу. Звернути увагу, що в лінійній системі жорсткість системи підвіски постійна, а сила, що розвивається, пропорційна переміщенню. У нелінійних - жорсткість є змінною і залежить від переміщення, а сила, що розвивається в підвісці, нелінійно залежить від переміщення. У параметричних- жорсткість змінюється з часом за періодичним законом (частіше гармонічним). Навести інші приклади таких систем. Звернути увагу на принципи суперпозиції для лінійних систем. Розглянути проходження гармонічного сигналу через лінійну, параметричну і нелінійну системи. Також звернути увагу на спектральні характеристики складового сигналу, дати пояснення, що таке спектральна характеристика сигналу. Навести приклади спектральних характеристик сигналів: моногармонічного, полігармонічного, випадкового. Пов'язати цей сигнал з розкладанням складового сигналу (функції) в ряд Фур'є, або з Фур'є - перетворенням функції на гармонічні складові.

Діагностичне завдання ускладнюється тим, що оцінювати поведінку і технічний стан машини треба за вихідними процесами, не маючи при цьому достатньої, а часто навіть необхідної інформації ні про вхідні параметри, або параметри збудження, ні про передавальні характеристики системи. Задача діагностики повинна розв'язуватися тоді в умовах скороченої інформації. Пряма задача (аналізу) для системи записується так  $\{Y\}=A\{X\}$ , а діагностична -

$$\{X\} = A^{-1} \{Y\}.$$

*Поняття параметричної системи* можна розглянути на прикладі зубчастої передачі, що має знос зубців шестерні. Параметрична система змінює або свою масу, або жорсткість, або коефіцієнт опору демпфірування.

Найпростішою математичною моделлю, що відображає *нелінійну систему*, є модель:

$$Z = f(g(t), t).$$

Найголовніша відміна нелінійної системи від лінійної - це те, що не виконується принцип суперпозиції.

Якщо, наприклад, дефекти розвиваються в нелінійній системі, то може бути, що при цьому величина амплітуди або температури, або інший параметр не зростають, а змінюється спектральний склад вихідного сигналу. Особливості



нелінійної системи такі: має місце декілька положень рівноваги; амплітуда вихідного сигналу нелінійно залежить від амплітуди збудження; амплітуда вільних коливань впливає на власну частоту системи, а значить, впливає на передаточну функцію.

### Запитання для самоконтролю за п. 3.1

1. Які особливості формування діагностичного сигналу в лінійних системах?
2. Поняття параметричної системи. Особливості формування діагностичного сигналу.
3. Нелінійна система й особливості формування діагностичного сигналу.

### Рекомендовані джерела

1. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.

### Тема 3.2 Виділення та подання діагностичної інформації.

#### Процедури обробки сигналу

Сигнал, що приймається від датчиків які перетворюють механічну складову виміру в електричну, завжди має перешкоди, що накладаються на цей сигнал. Для діагностування треба виділити корисну складову або зменшити ці перешкоди. Ця процедура часто використовується у формі Фур'є - зображення сигналу. Але інколи це зображення не є оптимальним, тому використовуються методи виділення окремих компонентів сигналу та домішок перешкод. Для цього на практиці використовують фільтрацію сигналу, виділення огибаючої (дефектування за допомогою детекторів), стробування або часова реалізація.

Ця процедура ефективна при діагностуванні складних машин чи механізмів ударної дії, у випадках, коли не можливе пряме спостереження сигналу, який збуджується механізмом у зв'язку з дією, ударних імпульсів від інших механізмів. Метод використовують у поршневих машинах з частотою обертання колінчатого вала. За початок відліку беруть положення поршня в верхній мертвій точці одного з циліндрів. Використання процедури стробування дозволяє не тільки виокремити корисний сигнал від домішок, але і визначити низку важливих параметрів механізму, за якими можна ставити діагноз. Наприклад, одним із таких параметрів є інтервал часу між моментом удару поршня об стінки циліндра в такті робочого ходу і верхньої мертвої точки.

Звернути увагу на процедуру обробки вібраційного сигналу для виявлення характеризованих діагностичних ознак:

- попереднє вивчення спектральних характеристик коливного процесу при нормальному та дефектному функціонуванні механізму;
- виявлення зон і характеру максимальних змін спектральних характеристик;
- побудова математичної моделі формування вібросигналу при появі дефекту.

На основі цієї процедури складається словник характеристичних діагностичних ознак, таких, що однозначно реагують на появлення дефекту. Якщо таких ознак немає, тоді треба використовувати одну із теорій розпізнавання образів. Завжди треба створювати такий алгоритм пошуку, який би був максимально простий і в той же час давав достатню глибину діагнозу.

### Запитання для самоконтролю за п. 3.2

1. У чому полягає процес виділення та подання діагностичної інформації?
2. Проаналізуйте процедуру обробки сигналу. Наведіть приклади з практики.
3. Обробка вібраційного сигналу для виявлення характеризованих діагностичних ознак.

### Рекомендовані джерела

- 1 Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.
3. Биргер А.И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240с.

### Тема 3.3 Використання комп'ютерної техніки при розв'язанні завдань діагностики агрегатів та машин рухомого складу електричного транспорту

Досягнення в галузі мікропроцесорної техніки дає можливість створювати нові системи управління на основі мікроконтролерів. Ці системи також дають більш ширший діапазон можливостей, що включають, крім функцій управління, і функції контролю, захисту, діагностики та ін.

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє вирішувати проблеми ресурсозбереження за рахунок створення єдиної системи інформаційного забезпечення, яка повинна супроводжувати промисловий об'єкт на всіх етапах його життєвого циклу: проектування, створення, експлуатації, ремонту. Електромеханічні системи електроприводів зараховується до промислових об'єктів і мають відповідний життєвий цикл.

У чому ж полягає особливість стаціонарних систем діагностування (моніторингу)? Типова стендова система моніторингу і діагностики, яка може

будуватися на базі переносної системи, за складом технічних засобів, які не відрізняються від стаціонарної системи моніторингу і діагностики (рис.2).

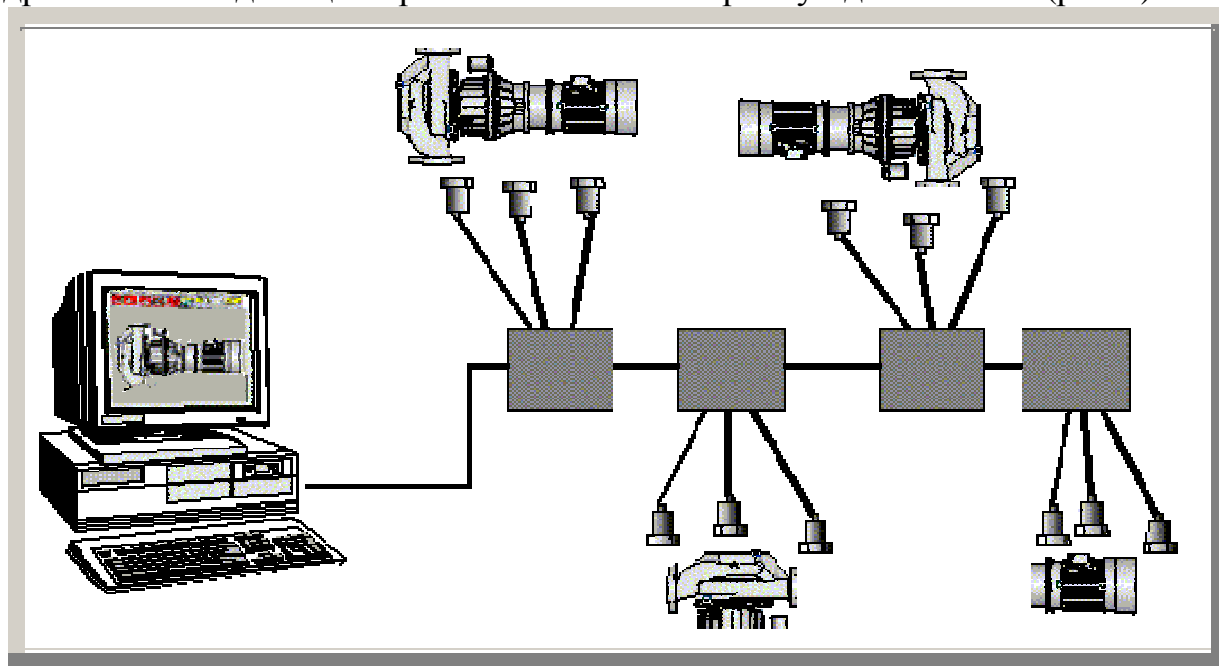


Рис. 2 – Структура стаціонарної системи моніторингу і діагностики

Ця система (рис.2) складається з центральної діагностичної станції - компютера із вмонтованими платами для перетворення сигналу в цифрову форму і пакетами програм для керування, аналізу сигналів, моніторингу і діагностики, відображення стану обладнання, а також зовнішніми блоками посилення і комутації, датчиками вібрації та частоти обертання ротора.

Перша полягає в тому, що вся робота системи відбувається автоматично, у тому числі й планування вимірювань на їхнє проведення, й аналіз сигналів, і всі подальші операції моніторингу.

Друга особливість - у системі може не вистачати кількості датчиків для того, щоб зміряти вібрацію кожного вузла, і тому в стаціонарній системі може не бути підсистеми глибокої діагностики.

Третя особливість - до складу стаціонарної системи може входити і переносний прилад для проведення додаткових (до обов'язкових моніторингових вимірювань вібрації) вимірювань інших сигналів. У цьому випадку система може забезпечувати і глибоку діагностику машини.

Звернути особливу увагу на методи і засоби сучасного діагностування вузлів і агрегатів рухомого складу міського електричного транспорту.

### Запитання для самоконтролю за п. 3.3

1. Дайте оцінку сучасному розвитку інформаційних технологій, мікропроцесорної техніки з точки зору оператора-діагноста.
2. Що таке датчик? Які датчики визнаєте, що застосовуються під час діагностування? Наведіть приклади.
3. У чому полягає особливість стаціонарних систем діагностування? Порівняйте їх з іншими системами.

### Рекомендовані джерела

1. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Рекомендации для пользователей систем диагностики. Издательство СПбГМТУ, Санкт-Петербург, 2000.
2. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
3. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.

### Тема 3.4 Ефективність технічного діагностування. Вплив технічних засобів на ефективність діагностування

Діагностичне устаткування може бути ефективно використане в автотранспортних підприємствах тільки за умови чіткої організації системи технічного обслуговування і ремонту, складовою частиною якої є діагностування.

Контрольно-діагностичні операції повинні виконуватися перед проведенням технічного обслуговування і поточним ремонтом незалежно від наявного діагностичного обладнання. Тільки в цьому випадку доцільне придбання діагностичного обладнання, використання якого є раціональним.

Під час освоєння матеріалу звернути увагу на те, що вплив технічних засобів на ефективність діагностування технічних об'єктів враховується імовірністю правильного функціонування технічних засобів у період здійснення діагностування, залежно від умов якого змінюється спосіб розрахунку. При цьому засоби діагностики можуть розглядатися як об'єкти безперервної дії (технологічні процеси, апаратура бортового діагностування під час експлуатації та ін.) або як об'єкти періодичної дії (обладнання рухомих об'єктів перед використанням та ін.).

### Запитання для самоконтролю за п. 3.4

1. Які умови доцільного придбання діагностичного обладнання і раціонального його використання?
2. Вплив технічних засобів на ефективність діагностування технічних об'єктів.

### Рекомендовані джерела

1. Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. Учеб. пособие для вузов. М., «Выш. школа», 1975.- 207 с.
2. В.В. Ключев, П.П. Пархоменко Технические средств диагностирования : Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672с.

### **3. Індивідуальні семестрові завдання для самостійної та контрольної роботи**

1. Основні напрямки технічної діагностики (мета, завдання, структура).
2. Етапи створення систем технічної діагностики.
3. Постановка завдань технічної діагностики.
4. Використання діагностичних моделей при діагностуванні.
5. Структурні схеми діагностичних моделей у вібродіагностиці.
6. Особливості формування діагностичного сигналу в лінійних системах.
7. Особливості формування діагностичного сигналу в нелінійних системах.
8. Відомості із теорії ймовірності. Логічна сума та логічний добуток події.
9. Визначення ймовірності безвідмовної роботи блоків при послідовному та паралельному з'єднанні трьох елементів.
10. Визначення ймовірності безвідмовної роботи двох двигунів.
11. Формула Байєса.
12. Постановка завдання розпізнавання образів.
13. Використання міри близькості в теорії розпізнавання образів.
14. Статистичний метод Байєса розпізнавання образів. Узагальнена формула.
15. Використання міри схожості в теорії розпізнавання образів.
16. Прийняття рішення про діагноз методом Байєса з використанням вирішального правила.
17. Використання методу Байєса в задачі спостереження за двигуном при наявності двох ознак.
18. Використання методу Байєса в задачі спостереження за двигуном при відсутності двох ознак.
19. Формування вібраційного сигналу, що характеризує несправність.
20. Використання віброакустичного сигналу в діагностиці.
21. Використання часової реалізації в діагностичних цілях.
22. Використання спектру потужності в діагностичних цілях.
23. Використання функції кореляції в діагностичних цілях.
24. Використання взаємного спектра та функції когерентності в діагностиці.
25. Використання кепстру в діагностичних цілях.
26. Використання комп'ютерної техніки при розв'язанні задач діагностики агрегатів та машин електричного транспорту.
27. Використання одномірного та двомірного закону розподілу ймовірностей у діагностичних цілях.
28. Виділення діагностичної інформації з допомогою фільтрації сигналу.
29. Виділення огибаючої для подання діагностичної інформації.
30. Засоби технічного діагностування. Загальна характеристика технічних засобів діагностування.
31. Процедура обробки вібросигналу для виявлення характерних діагностичних ознак.
32. Особливості формування діагностичного сигналу в параметричних системах.
33. Використання сучасних технологій у галузі діагностування та застосування їх в практичних цілях на підприємствах МЕТ.
34. Структура діагностування гальмівної системи електричного транспорту.
35. Процес діагностування стану підшипників ковзання.
36. Графіки ймовірності відмов та поведінки представницьких параметрів з часом напрацювання.
37. Структурні та діагностичні параметри. Поняття та графічне зображення вимог до них.
38. Виникнення коливань у зубчастих механізмах.
39. Структура діагностування бокової щілини в зубчастому зчепленні.
40. Особливості діагностування перекосу вісі в зубчастому зчепленні.

41. Процес діагностування викришування зубів зубчастої передачі.
42. Структура діагностування тріщин та поломки зубів у зчепленні.
43. Структура діагностування тягових електродвигунів та методи їх виявлення.
44. Алгоритм діагностування пневматичного обладнання електрифікованих видів транспорту та методи їх виявлення.
45. Використання діагностичної матриці для визначення стану об'єкта.
46. Процес діагностування струмоприймача електричного виду транспорту.
47. Структура діагностування ходової частини електротранспорту.
48. Особливості діагностування електричного гальма.
49. Структура діагностування вібраційного стану енергетичних роторних агрегатів за допомогою стаціонарних систем.
50. Процес діагностування механічного обладнання електричного транспорту.
51. Структура діагностування тягового редуктора електричного рухомого складу.
52. Методика складання алгоритму діагностування.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Затв. Держжитлокомунгоспом України 10.12.96 (Наказ № 103), введ. в дію з 16.03.97. Доп. 2004. – К.: Держжитлокомунгосп, 2004. – 108 с.
2. Далека В. Х., Карпушин Е. І., Хворост М. В. Правила експлуатації міського автомобільного та електричного транспорту. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 120 с.
3. Далека В. Х., Будниченко В. Б., Карпушин Е. І., Коваленко В. І. Технічна експлуатація електричного транспорту. Теоретичні основи технічної експлуатації рухомого складу. – Х., ХНАМГ, 2007. – 161 с.
4. Далека В. Х., Будниченко В. Б., Карпушин Е. І., Коваленко В. І. Технічна експлуатація електричного транспорту. Організація технічної експлуатації рухомого складу. – Х., ХНАМГ, 2007. – 195 с.
5. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
6. Форнальчук Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
7. Барков А. В., Баркова Н. А., Азовцев А. Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. Рекомендации для пользователей систем диагностики. Издательство СПбГМТУ, Санкт-Петербург, 2000.
8. Веклич В. Ф. Диагностирование технического состояния троллейбусов. – М.: Транспорт, 1990. – 225 с.
9. Ключев В. В., Пархоменко П. П. Технические средств диагностирования: Справочник. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
10. Генкин М. Д., Соколова А. Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
11. Биргер А. И. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
12. Мозгалеvский А. В., Гаскаров Д. В. Техническая диагностика. Учеб. пособие для вузов. – М., «Высш. школа», 1975. – 207 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Загальні положення щодо виконання самостійної роботи.....	5
1.1 Організація та мета самостійної роботи студентів.....	5
2. Перелік тем і питань для самостійного контролю.....	8
2.1 ЗМ 1. Загальні принципи діагностування механічних систем.....	9
2.2 ЗМ 2. Організація діагностування основних систем, вузлів та агрегатів рухомого складу електричного транспорту.....	16
2.3 ЗМ 3. Методи й ефективність діагностування рухомого складу електричного транспорту.....	24
3. Індивідуальні семестрові завдання для самостійної та контрольної роботи...	29
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА.....	31

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання самостійної роботи  
з дисципліни

## **«Діагностування рухомого складу електричного транспорту»**

*(для студентів 5 курсу всіх форм навчання  
спеціальності 7.05070203, 8.05070203 – «Електричний транспорт»  
та слухачів другої вищої освіти спеціальності  
7.05070203 – «Електричний транспорт»)*

Укладачі: **ШУЛЬЖЕНКО** Микола Григорович,  
**ШАВКУН** Вячеслав Михайлович

Відповідальний за випуск *О. В. Кульбачний*

Редактор *С. В. Тимощук*

Комп'ютерний набір *В. М. Шавкун*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 206 М

---

Підп. до друку 17.12.2010 р.

Друк на ризографі.

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,1

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.